

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Návrh stendu pro ověřování $\Delta p - Q$ charakteristik plazmového
hořáku

Design of Experimental Equipment for Investigation of
Plasma Torch $\Delta p - Q$ Performance Curve

Student: Zdeněk Kubáň
Vedoucí bakalářské práce: Ing Tomáš Blejchař, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím. Že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KUBÁŇ, Z. Návrh stendu pro ověřování charakteristik plazmového hořáku. Ostrava: Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení , Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava , 2009. Bakalářská práce vedoucí: Blejchař, T.

Bakalářská práce se zabývá návrhem stendu pro ověřování charakteristik $\Delta p - Q$ plazmového hořáku. Navrhovaný stend je složen z pneumatické a hydraulické větve. Obě větve jsou vybaveny měřicími a regulačními elementy. Hydraulický obvod obsahuje také čerpadlo jako zdroj tlaku a nádrž. U pneumatického obvodu je předpokládán zdroj tlakového vzduchu. V závěru jsou detailně specifikovány všechny části zařízení a jsou také přiloženy schémata obou obvodů.

ANNOTATION OF THESIS

KUBÁŇ, Z. Design of Experimental Equipment for Investigation of Plasma Torch $\Delta p - Q$ Performance Curve. Ostrava: Department of Hydrodynamics and Hydraulic Equipment, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 56 p. bachelor's thesis, head: Blejchař, T.

The thesis deals with design of a device for verification of a plasma burner. The purpose in the device is verification of $\Delta p - Q$ characteristics of plasma burner. Experimental stend is composed of hydraulic and pneumatic circuit. Both circuits are contained measuring and regulation elements. The Hydraulic circuit includes a tank and a pump, as source of compressed water. The external source of compressed air is assumed for the pneumatic circuit. Detail specification of all items is specified in the conclusion. Scheme of pneumatic and hydraulic circuit are attached.

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Tomáši Blejchařovi, Ph.D. za laskavou pomoc a cenné připomínky, podněty a rady při tvorbě této bakalářské práce.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	8
ÚVOD.....	9
1. NÁVRH HYDRAULICKÝCH PRVKŮ	10
1.1. ČERPADLO	10
1.2. KOLENO	14
1.3. VSUVKA	14
1.4. TRUBKA	15
1.5. „T“ KUS	15
1.6. POJISTNÝ VENTIL	16
1.7. PŘEPOUŠTĚCÍ VENTIL	17
1.8. NÁTRUBEK	18
1.9. UZAVÍRACÍ KOHOUT	19
1.10. DÉLKY SPOJOVACÍCH TRUBEK	20
1.11. REDUKOVANÝ NÁTRUBEK	21
1.12. PRŮTOKOMĚR	23
1.13. ŠKRTÍCÍ VENTIL	25
1.14. REDUKCE	26
1.15. MANOMETR	26
1.16. SPOJOVACÍ HADICE PLAZMATRONU	27
1.17. RYCHLOSPOJKA SPOJOVACÍ HADICE PLAZMATRONU	27
1.18. ZPĚTNÉHO POTRUBÍ	28
1.19. VÝPOČET CELKOVÝCH TLAKOVÝCH ZTRÁT	28
1.20. PŘÍRUBA	29
1.21. NÁDRŽ	29
1.22. VÝPOČET OBJEMU KAPALINY	29
2. PNEUMATICKÝ OBVOD BEZ NÁVRHU ZDROJE TLAKOVÉHO VZDUCHU	32
2.1. POTRUBÍ	32
2.2. HADICE	32
2.3. RYCHLOSPOJKA	33
2.4. PRŮTOKOMĚR	33
2.5. ŠKRTÍCÍ VENTIL	34
2.6. REDUKCE	34
2.7. MANOMETR	35
2.8. TRUBKA	35
3. PNEUMATICKÝ OBVOD S NÁVRHEM ZDROJE TLAKOVÉHO VZDUCHU	36
3.1. KOMPRESOR	36
3.2. VZDUŠNÍK	37
3.3. POJISTNÝ VENTIL	39
3.4. VYPOUŠTĚCÍ KOHOUT KONDENZÁTU	39
3.5. TLAKOVÝ SPÍNAČ	39
3.6. KONTROLNÍ MANOMETR	39
3.7. REDUKČNÍ VENTIL	40
3.8. TEPLOMĚR	40
3.9. TRUBKA	40
3.10. REDUKOVANÁ VSUVKA	41
3.11. ŠROUBENÍ	41
4. CENOVÁ KALKULACE PNEUMATICKÝCH OBVODŮ	41
ZÁVĚR.....	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44

Seznam použitých značek

Označení	název	měřicí jednotka
d	průměr	[m]
D_N	světlost	[mm]
H	dopravní výška	[m]
k	absolutní drsnost	[m]
L	délka	[m]
m	hmotnost	[kg]
n	otáčky	[ot·min ⁻¹]
p	tlak	[Pa]
P	výkon	[W]
Q	průtok	[m ³ ·s ⁻¹]
R	měrná plynová konstanta	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
Re	Reynoldsovo číslo	[1]
T	teplota	[K]
S	plocha	[m ²]
v	rychlost	[m·s ⁻¹]
V	objem	[m ³]
α	výtokový součinitel	[1]
ζ	ztrátový součinitel	[1]
λ	třecí součinitel	[1]
ν	kinematická viskozita	[m ² ·s ⁻¹]
π	bezrozměrný parametr	[1]
ρ	hustota	[1]
Δ	rozdíl	[1]

Úvod

Cílem této bakalářské práce je navržení stendu pro ověřování $\Delta p - Q$ charakteristik plazmového hořáku.

Návrh stendu je možné realizovat ve dvou provedení a to v návrhu hydraulického a pneumatického obvodu. Práce se zabývá oběma způsoby řešení.

V první části práce jsou navrženy veškeré hydraulické prvky obvodu, jehož médiem je voda, z čehož se také odvíjí volba použitých prvků pro tento obvod na rozdíl od jiných hydraulických obvodů jejichž médiem je převážně olej. V obvodu jsou navrženy všechny prvky potřebné pro zjišťování $\Delta p - Q$ charakteristiky.

Princip funkce stendu spočívá v měření tlakového spádu při různých změnách průtoku tekutiny, při nichž získáme různé závislosti. Po změření se porovnají naměřené charakteristiky s charakteristikou daného plazmového hořáku. Výsledkem měření bude zhodnocení, zda naměřená charakteristika odpovídá požadovaným parametrům plazmového hořáku.

V druhé části práce jsou navrženy obdobné prvky jako u hydraulického obvodu, ale s určitou výraznou odlišností danou médiem. Obvod předpokládá zdroj tlakového vzduchu na místě měření, čímž odpadá návrh zdroje tlakového vzduchu a samotný obvod je tím zjednodušen oproti druhé variantě. Princip funkce a způsob měření jsou již zcela shodné jako u hydraulického obvodu.

V přílohách bakalářské práce jsou schémata obou navržených obvodů nakresleny v Autocadu ve formátu A3.

1. Návrh hydraulických prvků

1.1. Čerpadlo

Pro návrh čerpadla musím znát potřebný hydraulický výkon, který vypočtu ze zjištěného maximálního průtoku a tlaku.

Maximální spotřeba vody je 11 kg/kW elektrického příkonu

Elektrický příkon 50 – 320 kW

Hustota vody 1000 kg·m⁻³

Tlak vody 0,1 – 0,6 MPa

Viskozita vody při 10°C $\nu = 1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ [19]

Spotřeba vody při 320 kW:

$$m = 320 \cdot 11 = 3520 \text{ kg}$$

$$V = \frac{m}{\rho} \tag{1.1}$$

$$V = \frac{3520}{1000} = 3,52 \text{ m}^3 \Rightarrow Q = \frac{3,52 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} = 9,777 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Dopravní výška

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g} \tag{1.2}$$

$$H = \frac{6 \cdot 10^5}{1000 \cdot 9,81} = 61,162 \text{ m}$$

Hydraulický výkon

$$P = \Delta p \cdot Q \tag{1.3}$$

$$P = 6 \cdot 10^5 \cdot 9,777 \cdot 10^{-4} = 586,62 \text{ W}$$

S ohledem na potřebnou dopravní výšku a výkon volím následující čerpadlo:

Třístupňové odstředivé čerpadlo od firmy SIGMA PUMPY Hranice [11]. Tuto volbu jsem navrhnul z důvodu, že čerpadlo bude pracovat s vodním médiem a proto jako konstrukční řešení se jeví nejvhodnější volbou v porovnání s jinými druhy čerpadel (hydrogenerátorů) pracujících na jiných principech (pístová, zubová, lamelová apod.)

Použití:

Samonasávací čerpadla jsou určena pro čerpání pitné a užitkové vody do 90°C bez mechanických nečistot. Jsou to malá čerpadla široké potřeby, vhodná zejména v zařízeních domácích vodáren, v trvalých sídlištích a chatách a všude tam, kde sací výška včetně odporů v potrubí nepřekročí více než 8 metrů.

V provedení s mechanickou ucpávkou se některé velikosti používají k čerpání hořlavin I. – IV. třídy. Je možno je použít k čerpání olejů do maximální kinematické viskozity $37 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Popis konstrukce:

Čerpadla řady SVA jsou rotační, samonasávací, horizontální konstruovaná pro přímé spojení s hnacím motorem.

Čerpadlo se skládá ze sacího a výtlačného tělesa, sací a výtlačné vložky, tělesa ložiska, víka ucpávky, hřídele s oběžnými koly a ložisek. Hrdlo sacího tělesa je umístěno nad osou čerpadla tak, aby čerpadlo bylo stále zaplněné čerpanou kapalinou. Sací těleso je opatřeno nalévací a vypouštěcí zátkou. Výtlačné hrdlo je ve výtlačném tělese uspořádáno vertikálně. Mezi sací a výtlačné těleso jsou vloženy sací a výtlačné vložky s oběžnými koly podle požadovaného tlaku. Tyto vložky jsou mezi sacím a výtlačným tělesem staženy šrouby. Hřídel čerpadla je uložen na sací straně v kluzném ložisku, které je chlazeno čerpanou kapalinou, na straně výtlaoku ve valivém ložisku. Hřídel je utěsněn provazcovým těsněním, které je dotlačováno víkem ucpávky pomocí dvou šroubů nebo mechanickou ucpávkou.

Čerpadla se dodávají s protipřírubami včetně těsnění a šroubů.

Monoblokové čerpací ústrojí 25 – SVA – ME a 32 - SVA - ME tvoří tři komponenty:

- samonasávací čerpadlo
- spojovací těleso
- elektromotor

Spojovací těleso zajišťuje spojení čerpadla a elektromotoru přes pružnou spojku. Současně tvoří podstavec celého čerpacího soustrojí. Elektromotor tvoří pohon čerpadla, jeho velikost je dána počtem stupňů.

Materiálové provedení:

Sací těleso, výtlačné těleso, sací a výtlačné vložky, těleso ložiska, víko ucpávky a příruby jsou ze šedé litiny, oběžná kola jsou mosazná a hřídel z konstrukční

oceli. Kluzné pouzdro je spékaného kovu. Ucpávkové těsnění a mechanická ucpávka je v jakosti odpovídající čerpané kapalině.

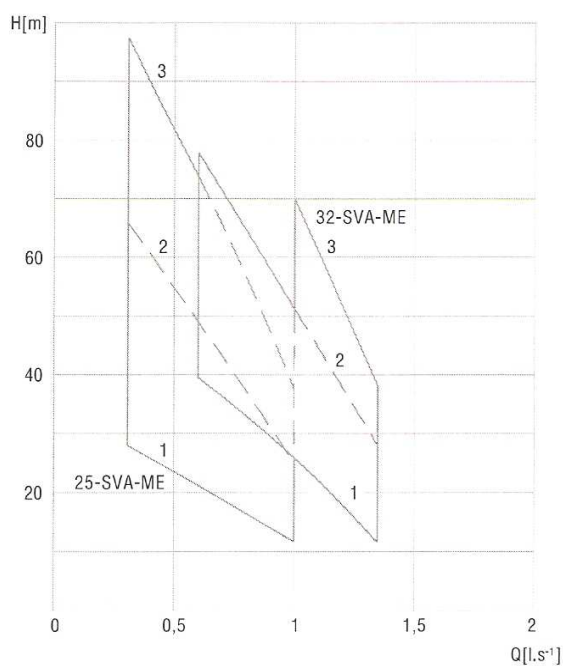
Volba čerpadla

Volím čerpací soustrojí s těmito technickými parametry

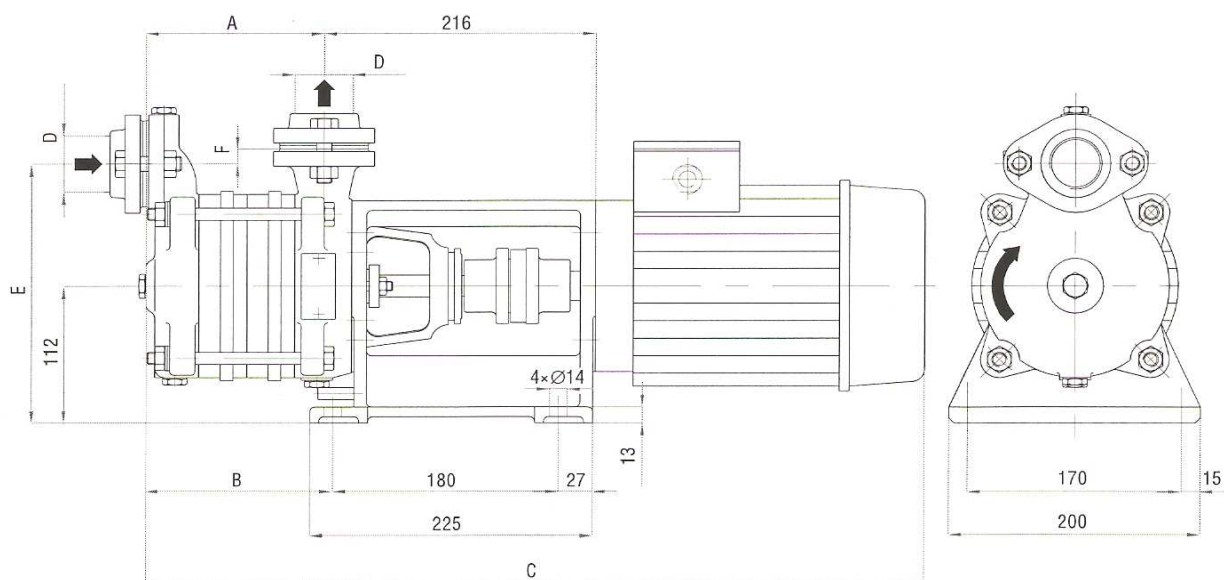
Tab. 1.1. Technické parametry čerpacího soustrojí [11]

Typ čerpadla	Výkon motoru [kW]	Rozsah průtoku [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Rozsah dopravní výšky [m]	Hmotnost [kg]
32 – SVA – 3'	2,2	1,0 – 1,33	70 - 38	55

Parametry platí pro vodu při teplotě 20°C , hustotě $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, otáčky $n = 1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$



Obr. 1.1 Oblastní diagram čerpacího soustrojí [11]



Obr. 1.2 Rozměrový náčrtek čerpacího soustrojí 32 - SVA – ME [11]

Tab. 1.2. Tabulka rozměrů čerpacího soustrojí 32 -SVA – ME [11]

čerpadlo	A	B	C	D	E	F
32 – SVA - 3	179	194	708	G 5/4"	212	12

Průřez potrubí(průměr d) použiju identický s průřezem čerpadla,d = 31,75 mm

Výpočet rychlosti proudění

$$v = \frac{Q}{S}$$

(1.4)

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d} = \frac{4 \cdot 9,777 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,03175^2} = \underline{1,234 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Výpočet Reynoldsova čísla

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (1.5)$$

$$Re = \frac{1,234 \cdot 0,03175}{1,307 \cdot 10^{-6}} = \underline{29976,66}$$

Ze vztahu (1.5) vyplývá, že jde o turbulentní proudění

1.2. Koleno

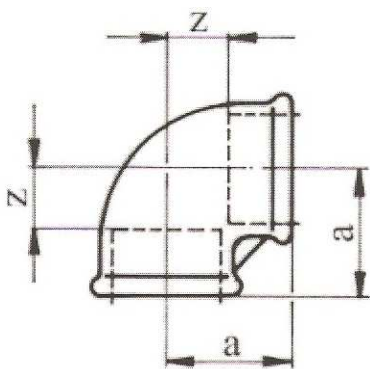
Volím koleno 90° velikosti 5/4" od firmy UNEX [4] s vnitřními závitů pro výtlačné potrubí z čerpadla. Koleno bude s čerpadlem spojeno prostřednictvím závitové vsuvky a závitové příruby dodané s čerpadlem.

Výpočet tlakové ztráty

Ztrátový součinitel $\zeta = 1,13$ [2]

Tab. 1.3 Rozměry kolena [4]

Rozměry [mm]	
a	z
45	26



Obr. 1.3 Koleno [4]

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

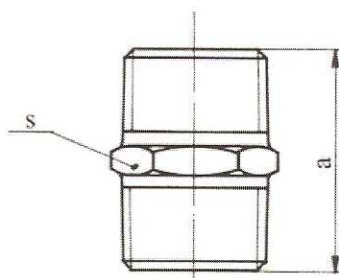
$$\Delta p_1 = \zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 1,13 \cdot \frac{1,234^2}{2} \cdot 10^3 = \underline{860,357 \text{ Pa}} \quad (1.6)$$

1.3. Vsuvka

Vsuvku volím o světlosti 5/4" od firmy UNEX [4] s vnějšími závitů. Vsuvka bude použita na více částech obvodu, kde bude spojoval prvky s vnitřními závitů.

Tab. 1.4 Rozměry vsuvky [4]

Rozměry [mm]	
a	57



Obr. 1.4 Vsuvka [4]

1.4. Trubka

Trubku pro jednotlivé spoje volím ocelovou zinkovanou od firmy KTO [6] světlosti 5/4" s tloušťkou stěny 3,25 mm, vnějším průměrem 42,4 mm. Na obou koncích budou zhotoveny závit G 5/4" délky 15 mm.

Pro ocelovou zinkovanou trubku platí absolutní drsnost $k = 0,15 - 0,5$ [2]

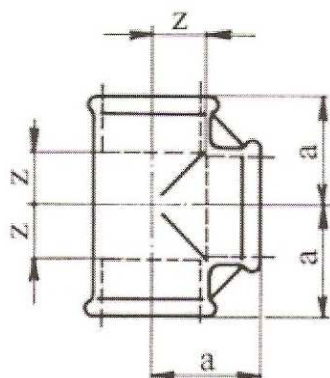
Výpočet třecího součinitele při turbulentním proudění podle Altšula

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{k}{d} \right)^{0,25} \quad (1.7)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{29976,66} + \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{0,03175} \right) = \underline{0,0318}$$

1.5. „T“ kus

Tvarovky „T“ volím světlosti 5/4" od firmy UNEX [4] pro pojistný a přepouštěcí ventil a pro manometr. Tvarovka je z litiny s vnitřními závit.



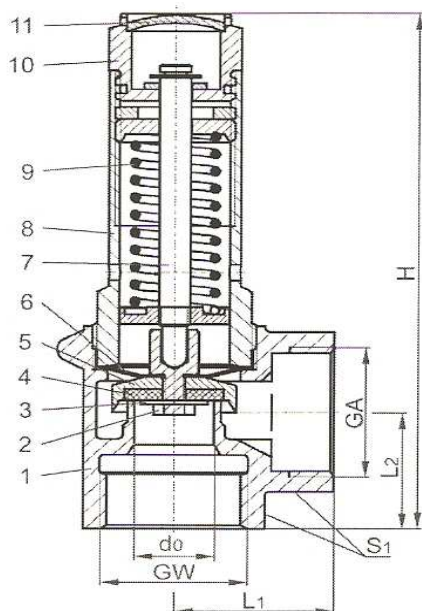
Tab. 1.5 rozměry "T" kusu [4]

Rozměry [mm]	
a	z
45	26

Obr. 1.5 Tvarovka "T" [4]

1.6. Pojistný ventil

Volba pojistného ventilu se bude odvíjet podle nejvyššího dovoleného tlaku v systému. Otevírací přetlak bude 6 barů. Bude chránit obvod před nebezpečím poškození vysokým tlakem. Spojení bude provedeno pomocí vsuvky. Použiji pojistný ventil od firmy HEROSE typu 06370 [10].



Obr. 1.6 Technický náčrtek použitého pojistného ventilu [10]

Specifikace pojistného ventilu:

- kuželka s měkkým těsněním pro kapaliny
- médium - voda
- pojistný tlak je nastaven od výrobce
- vstup a výstup - vnitřní závit typu G
- kuželka s těsněním z NBR
- materiál: těleso ventilu: bronz
- maximální provozní teplota: 110 °C

Tab. 1.6 Technické parametry [10]

Kod	Rozměr	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez So [mm ²]	Zaručený výtokový součinitel α	Otevírací přetlak Po [bar]
1200	5/4" x 5/4"	32	314,2	0.39	6

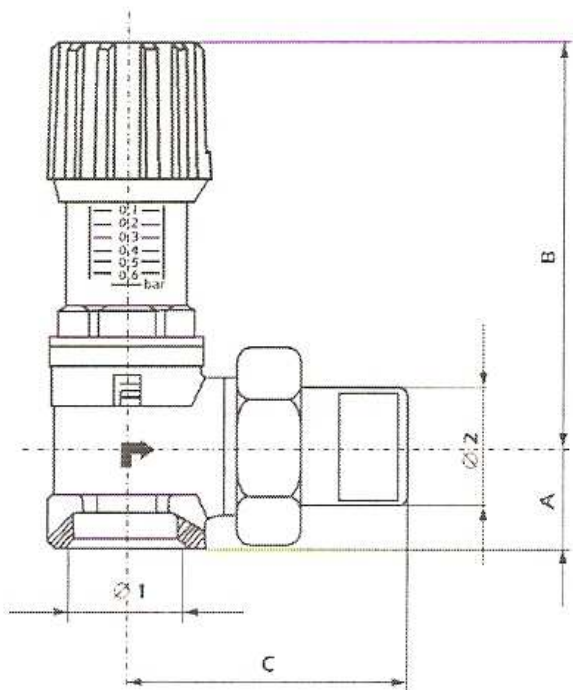
1.7. Přepouštěcí ventil

Přepouštěcí ventil volím z důvodu případného trvalejšího průtoku kapaliny zpět do nádrže, kdy tento požadavek splní lépe než samotný pojistný ventil, který bude plnit čistě jen pojistnou funkci. Zapojení bude pomocí vsuvky stejně jako pojistný ventil. V systému bude opět jako pojistný ventil zapojen paralelně. Volím tedy ventil od firmy IVAR.BY – PASS [8].

Specifikace přepouštěcího ventilu:

- přepouštěcí ventil s nastavitelnou hodnotou otevíracího tlaku (1 – 6 bar)
- je určen pro soustavy s nuceným oběhem, ve kterých zajišťuje minimální průtok soustavou
- otevírací přetlak se nastavuje ovládací hlavicí, která současně na stupnici indikuje velikost nastaveného přepouštěcího tlaku
- materiál
- těleso ventilu: mosaz ST UNI EN 12165 CW617N;
- ostatní kovové části: mosaz TN UNI EN 12164 CW614N;
- pružina: nerezová ocel.
- rozsah nastavení: 0,1 - 0,6 bar;

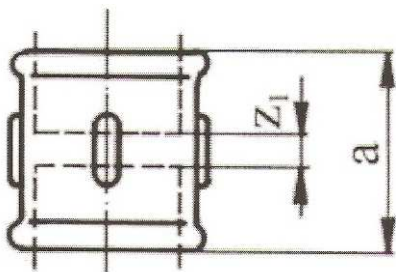
- maximální provozní tlak: PN 10;
- maximální provozní teplota: 100 °C



Obr. 1.7 Přepouštěcí ventil [8]

1.8. Nátrubek

Nátrubek volím pro spojení přepouštěcího ventilu a zpětné trubky od firmy UNEX [4]. Nátrubek volím závitový s vnitřními závity velikosti G 5/4“.



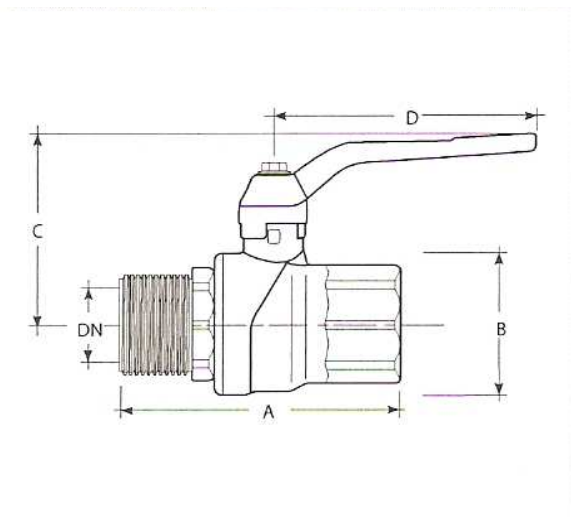
Obr. 1.8 Nátrubek [4]

Tab. 1.7 Rozměry nátrubku [4]

Rozměry [mm]	
a	Z ₁
50	12

1.9. Uzavírací kohout

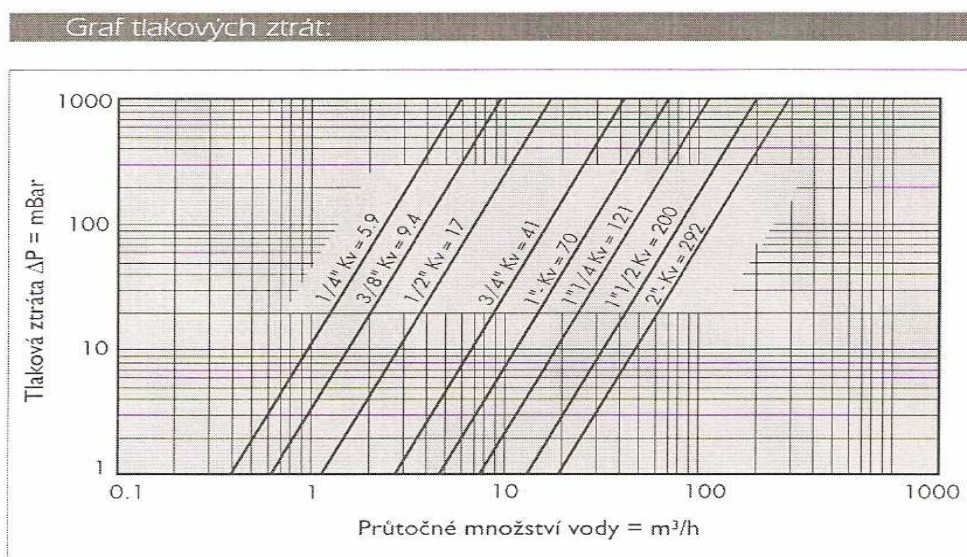
Uzavírací kohout bude v hydraulickém obvodu plnit funkci možnosti případného uzavření proudění kapaliny do celého obvodu. Použiji dnes velice rozšířený kulový kohout pro vodní systémy. Volím kulový kohout od firmy IVAR CS [7].



Obr. 1.9 Nákres použitého kohoutu [7]

Specifikace uzavíracího kohoutu typu EVOLUTION 80004

- vnitřní - vnější závit, MF;
- provedení - páčka;
- oboustranně prodloužený závit 5/4;
- materiál - niklovaná mosaz OT 58;
- rozsah provozních teplot: -20 až +120°C
- směr proudění: Oběma směry
- tlakové ztráty: viz. graf
- ventily musí být použity buď v plně otevřené nebo v plně uzavřené pozici.
- vhodné používat v systémech s neagresivní teplou či studenou kapalinou.



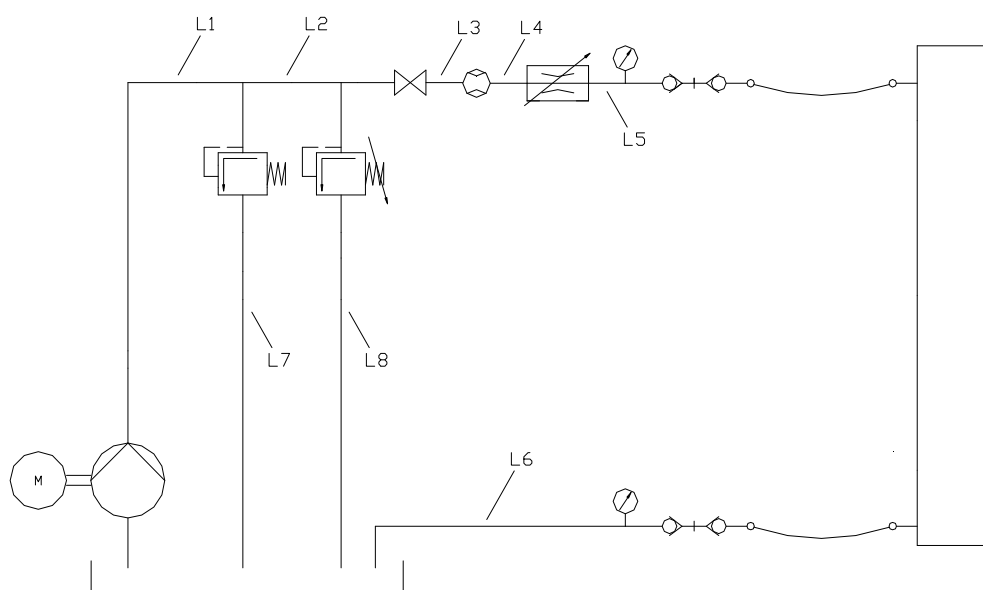
Obr. 1.10 Graf tlakových ztrát kulového kohoutu [7]

Tlakové ztráty odečtu z grafu $\Delta p_2 = 0,0001 \text{ baru} = 10 \text{ Pa}$

1.10. Délky spojovacích trubek

Spojení jednotlivých hydraulických prvků je nutné provést pomocí trubek [6]. Zvláště je třeba dbát na návrh délky trubek s ohledem na montáž a funkci jednotlivých prvků. Úseky mezi jednotlivými prvky spojované trubkou jsem označil následovně:

- L_1 – mezi kolenem a „T“ kusem pojistného ventilu (volím 110 mm)
- L_2 – spojení „T“ kusu pojistného ventilu a „T“ kusu přepouštěcího ventilu (120 mm)
- L_3 – úsek mezi kulovým kohoutem a nátrubkem průtokoměru (110 mm)
- L_4 – vzdálenost mezi nátrubkem průtokoměru a škrťacím ventilem (80 mm)
- L_5 – úsek mezi škrťacím ventilem a „T“ kusem manometru (110 mm)
- L_6 – zpětná trubka mezi „T“ kusem manometru a nádrží (858 mm)
- L_7 – zpětná trubka mezi nádrží a pojistným ventilem (750 mm)
- L_8 – potrubí mezi nádrží a přepouštěcím ventilem (698 mm)

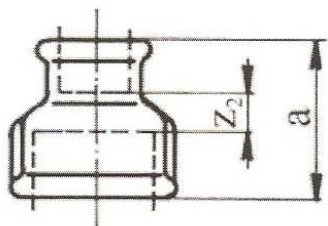


Obr. 1.11 Schématické označení délek potrubí v hydraulickém obvodu

1.11. Redukovaný nátrubek

Pro zapojení průtokoměru do obvodu použiju redukovaný nátrubek s vnitřními závity 5/4" – 1" na obou jeho koncích od firmy UNEX [4].

Tab. 1.8 Rozměry redukovaného nátrubku [4]



Rozměry [mm]	
a	Z ₁
50	14

Obr. 1.12 Redukovaný nátrubek [4]

Výpočet tlakové ztráty pro zúžení

Ztrátový součinitel ζ [2]

$$\zeta = \left(\frac{S_1}{S_2} - 1 \right) \cdot \frac{S_1}{S_2} \quad (1.8)$$

$$\zeta = \left(\frac{7,917 \cdot 10^{-4}}{5,067 \cdot 10^{-4}} - 1 \right) \cdot \frac{7,917 \cdot 10^{-4}}{5,067 \cdot 10^{-4}} = \underline{0,878}$$

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad (1.9)$$

$$\Delta p_3 = 0,878 \cdot \frac{1,234^2}{2} \cdot 1000 = \underline{668,489 \text{ Pa}}$$

Výpočet tlakové ztráty pro rozšíření

Ztrátový součinitel ζ [2]

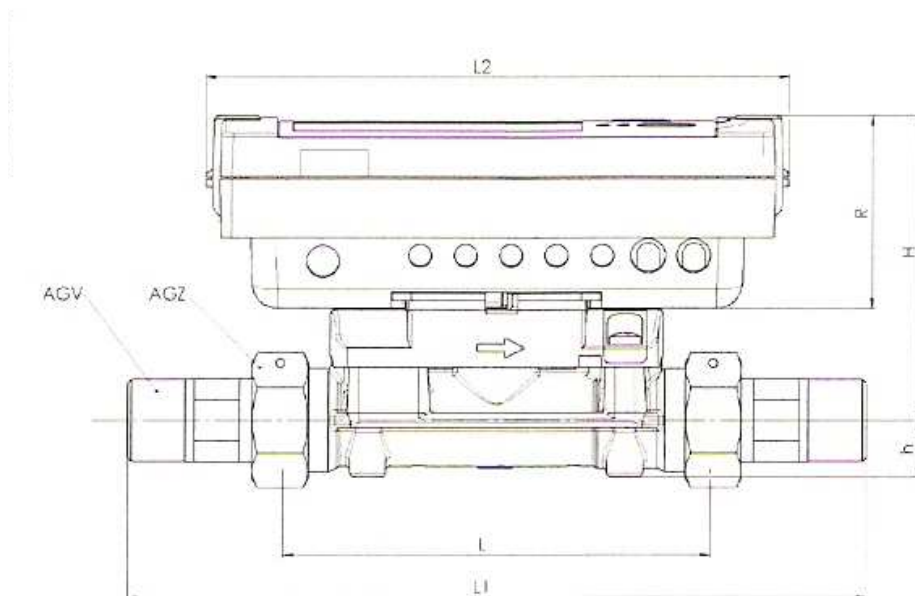
$$\zeta = \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right)^2 \quad (1.10)$$

$$\left(\frac{0,03175^2}{0,0254^2} - 1 \right)^2 = \underline{0,3164}$$

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad \Delta p_4 = 0,3164 \cdot \frac{1,234^2}{2} \cdot 1000 = \underline{240,899 \text{ Pa}}$$

1.12. Průtokoměr

Pro měření průtočného množství kapaliny aplikuji ultrazvukový průtokoměr do maximálního průtoku $7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, od firmy AVOS typu SHARKY BR 474 [9].



Obr. 1.13 Ultrazvukový průtokoměr SHARKY , typ BR 474 [9]

Specifikace průtokoměru:

Ultrazvukový měřič průtoku slouží pro měření průtoku v chladicích teplovodních a horkovodních systémech rovněž pro měření kondenzátu v parních systémech dálkového či okolního vytápění. U provedení 474 je elektronika s displejem oddělitelná a spojená kabelem o délce standardně 1,5 m alternativně až 5m.

Vlastnosti

- celkový rozsah měření $\geq 1:1500$
- patentovaný princip měření
- konstrukce usnadňující montáž a servis

přístroje

- teplotní rozsah 5-90/130/150°C
- maximální teplota 150°C
- nová optimalizovaná konstrukce snižující tlakové ztráty

- robustní konstrukce reflektorů z ušlechtilé oceli

- všechny velikosti pro PN 25
- přesnost měření splňuje požadavky třídy 2 dle EN1434
- ukladňovací délky před a za měřičem nejsou nutné
- netečný vůči magnetitu v médiu

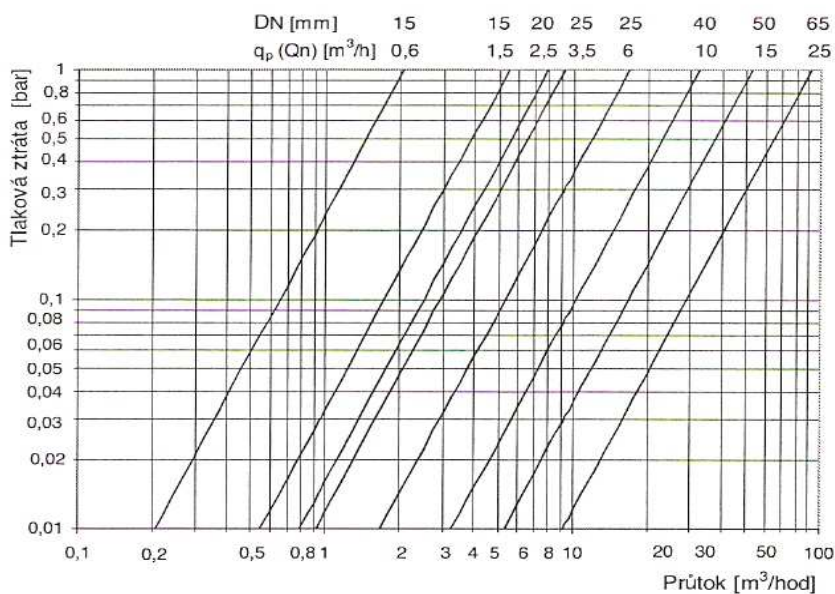
Napájení 474

Standardně se dodává v bateriovém provedení

- 3,0 V DC Lithium-Batterie (12 let)
- 3,6 V DC Lithium-Batterie (16 let - optional)
- je možné doplnit napájecí moduly
- 230V AC nebo 24V AC (galvanicky oddělené)

Tlakové ztráty určím z grafu

$$\Delta p_5 = 0,15 \text{ barů} = 15000 \text{ Pa}$$



Obr. 1.14 Graf tlakových ztrát ultrazvukového průtokoměru [9]

1.13. Škrťací ventil

Průtok bude regulován regulačním kulovým uzávěrem od firmy IVAR CS typu 53 TOP BALL [7]. Volím rozměr 5/4".

Specifikace regulačního ventilu

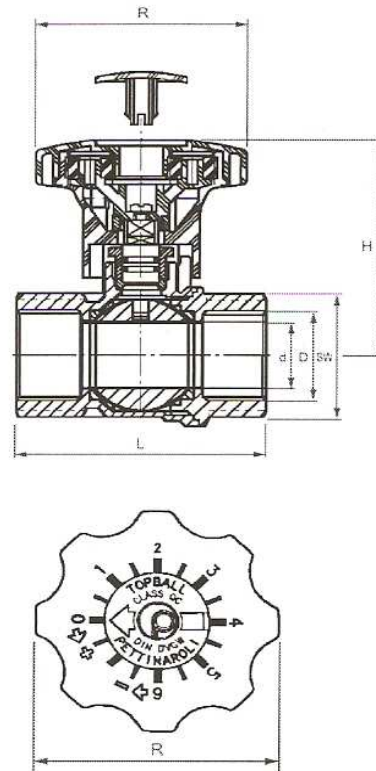
- regulační kulový uzávěr s plastovou ovládací rukojetí, která umožňuje jemnou
- regulaci průtoku;
- převod ovládání zároveň zabraňuje vzniku hydraulických rázů v potrubí;
- stupnice je označena čísly 1 - 6, kterým odpovídá definovaný průtok (viz. tabulky pro jednotlivé rozměry)

materiál:

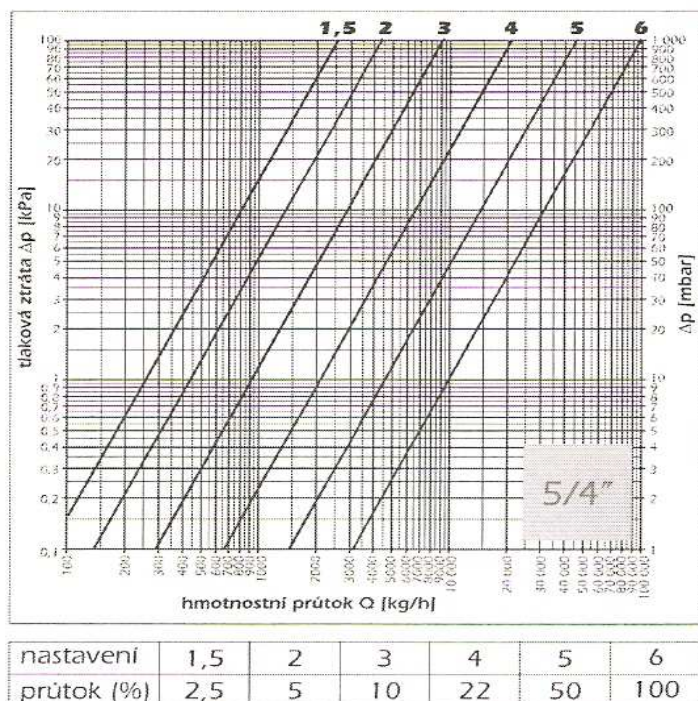
- tělo uzávěru - niklovaná mosaz;
- uzavírací koule - chromovaná;
- těsnění koule - PTFE (teflon);
- ovládací hlavice - plast;
- maximální provozní tlak PN 16 při 110°C;
- PN 10 při 150°C

Tlakové ztráty při plném průtoku

$$\Delta p_6 = 0,125 \text{ kPa} = 125 \text{ Pa}$$



Obr. 1.15 Náčrtes škrťacího ventilu [7]



Obr. 1.16 Graf tlakových ztrát škrtícího ventilu [7]

1.14. Redukce

Pro instalaci manometru volím dvě redukce (vnitřní – vnější závit) velikosti 3/4“ – 5/4“ a 1/2“ – 3/4“, které se našroubují do tvarovky „T“ od firmy UNEX [4].

1.15. Manometr

Použiji manometr s pružnou trubicí typu 333.30 (kapalinové tlumení) od firmy MAR SYSTEMS [14] pro plynné a kapalně měřící látky.

- rozsah stupnice 0 – 10 bar
- provedení pro přesné měření
- třída 0,6
- nominální velikost 100
- napojení zespodu (vnější závit 1/2“)
- pouzdro Cr – Ni ocel

1.16. Spojovací hadice plazmatronu

Volím nerezovou hadici o rozměru 5/4", délky 1 m, typu IVAR.2510 [12]. Hadice jsou z materiálu EPDM s nerezovým opletem.

Specifikace hadice

- vnitřní – vnější závit
- maximální provozní tlak PN 10
- maximální provozní teplota 110°C

Výpočet tlakových ztrát:

Tlakové ztráty závisí na světlosti DN a dopravovaném množství. Tlaková ztráta P se vypočítá:

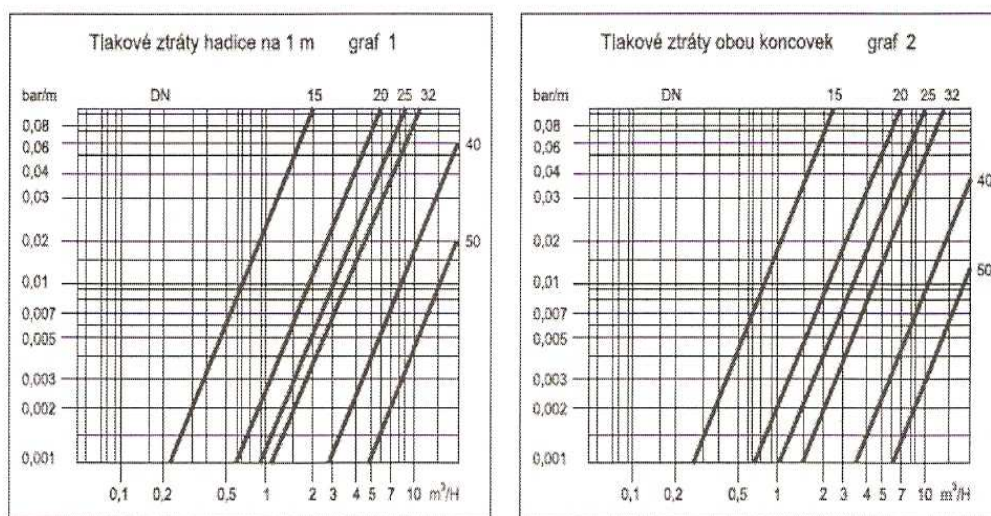
$$P = (T \cdot L) + R \text{ (bar) kde :}$$

P – tlaková ztráta v barech

T – tlaková ztráta na 1 m

L – délka hadice (m)

R – tlaková ztráta obou závitových koncovek



Obr. 1.17 Graf tlakových ztrát hadicových koncovek [12]

Tlakové ztráty v našem případě není nutno počítat, ale stačí je odečíst z grafu, protože délka použité hadice je $L_D = 1$ m.

$$\Delta p_7 = 0,005 + 0,008 = 0,013 \text{ barů} = 1300 \text{ Pa}$$

1.17. Rychlospojka spojovací hadice plazmatronu

Volím rychlospojku od firmy HENNLICH [13] nízkotlaké řady LP, série LP – 032.

průchozí zásuvka typu LP – 032 – 4 – WR 542 ,připojení vnitřní závit G5/4“

zástrčka typu LP – 032 – 1 – WR 542 ,připojení vnitřní závit G5/4“

materiál – nerez ocel

těsnění – NBR

použití voda,vzduch

Zásuvka bude našroubována na tvarovce „T“ prostřednictvím vsuvky 5/4“.Zástrčka bude našroubována na vnějším závitu hadice.

Délka smontované rychlospojky $L_R = 121$ mm

Tlakové ztráty pro oboustranně uzavíratelné rychlospojky pro LP – 032 odečtu z grafu

$$\Delta p_8 = 0,1 \text{ barů} = 10000 \text{ Pa}$$

1.18. Zpětného potrubí

Na výstupu z plazmatronu bude zpětné potrubí obsahovat již výše specifikované prvky jako jsou trubka se specifickou délkou,spojovací hadice, rychlospojka,vsuvky, "T" kus pro manometr a připojovací hadici a manometr s redukcí 3/4" – 5/4" a 1/2" – 3/4" a nakonec přírubu.

1.19. Výpočet celkových tlakových ztrát

Nejprve vypočtu třecí ztráty podle známého vztahu [2]:

$$\Delta p_T = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (1.11)$$

$$\Delta p_T = \lambda \cdot \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_H}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta p_T = 0,0318 \cdot \frac{1,618}{0,03175} \cdot \frac{1,234^2}{2} \cdot 1000 = \underline{\underline{1233,849 \text{ Pa}}}$$

Celkové tlakové ztráty Δp_C vypočtu jako algebraický součet jednotlivých ztrát

$$\Delta p_C = \Delta p_T + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5 + \Delta p_6 + 2 \cdot \Delta p_7 + 2 \cdot \Delta p_8 \quad (1.12)$$

Kde

Δp_T – tlakové ztráty třením

Δp_1 – tlakové ztráty kolena

Δp_2 – tlakové uzavíracího ventilu

Δp_3 – tlakové ztráty zúžením potrubí

Δp_4 – tlakové ztráty rozšířením potrubí

Δp_5 – tlakové ztráty průtokoměru

Δp_6 – tlakové ztráty škrťacího ventilu

Δp_7 – tlakové ztráty hadice

Δp_8 – tlakové rychlospojky

$$\Delta p_C = 1233,849 + 860,357 + 10 + 668,489 + 240,899 + 15000 + 125 + 2 \cdot 1300 + 2 \cdot 10\,000$$

$$\Delta p_C = 40\,738,594 \text{ Pa} = 40,738 \text{ kPa}$$

1.20. Příruba

Příruby volím pro spojení nádrže se zpětným potrubím pojistného, přepouštěcího ventilu a se zpětným potrubím od plazmatronu.

Příruby jsou od firmy KOMAP [5]

Specifikace příruby

- připojovací závit 5/4"

- 4 šroubové otvory

1.21. Nádrž

Nádrž bude svařena z nerezového plechu o tloušťce 3 mm. Rozměry nádrže budou 200 x 500 x 500 mm. Kapacita nádrže bude pro provoz činit 30 dm³. Ve spodních částech nádrže budou zhotoveny otvory průměru 32 mm pro sací a zpětné potrubí. Další dva otvory stejných rozměrů budou pro potrubí pojistného a přepouštěcího ventilu.

K otvorům v nádrži budou přivařeny nerezové trubky délky $L_H = 50$ mm se závitovým koncem délky 20 mm. Na koncích trubek budou našroubovány závitové příruby.

1.22. Výpočet objemu kapaliny

Pro výpočet objemu kapaliny si pro přehlednost jednotlivé délky rozdělím a označím:

$V_{\check{C}}$ – objem čerpadla

V_Z – objem zpětného vedení plazmatronu

V_S – objem sání

V_{Pj} – objem zpětného vedení pojistného ventilu

$V_{Př}$ – objem zpětného vedení přepouštěcího ventilu

V_R – objem redukované části průtokoměru

V_V – objem výtlačné části

V_P – objem plazmatronu

S – průřez potrubí

$L_{\check{C}}$ – přibližná délka čerpadla

L_H – délka hrdla nádrže

L_T – délka „T“ kusu

L_R – délka smontované rychlospojky

L_D – délka hadice

L_{1P} – délka výtlačného kanálu od osy tlakového kanálu pojistného ventilu

$L_{1Př}$ – délka výtlačného kanálu od osy tlakového kanálu přepouštěcího ventilu

L_N – délka nátrubku přepouštěcího ventilu

L_{1PR} – délka průtokoměru

A – délka zašroubovaného kohoutu do „T“ kusu

R_K – poloměr kolena

D_1 – průměr průtokoměru

$d_{\check{C}}$ – průměr čerpadla

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1.13)$$

$$\frac{\pi \cdot 0,03175^2}{4} = \underline{7,917 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V_{\check{C}} = \frac{\pi \cdot d_{\check{C}}^2}{4} \cdot L_{\check{C}} = \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} \cdot 0,194 = \underline{3,428 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$V_Z = S \cdot (L_H + L_6 + L_T + L_R + L_D) = 7,917 \cdot 10^{-4} \cdot (0,05 + 0,828 + 0,090 + 0,121 + 1) =$$

$$V_Z = \underline{1,653 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$V_S = S \cdot L_H = 7,917 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05 = \underline{3,958 \cdot 10^{-5} m^3}$$

$$V_{P_j} = S \cdot \left[L_H + L_7 + \left(L_{1P} - \frac{d}{2} \right) \right] = 7,917 \cdot 10^{-4} \cdot \left[0,05 + 0,720 + \left(-0,04 + \frac{0,03175}{2} \right) \right] =$$

$$V_{P_j} = \underline{6,291 \cdot 10^{-4} m^3}$$

$$V_{P_{\bar{r}}} = S \cdot \left[L_H + L_8 + L_N \left(L_{1P_{\bar{r}}} - \frac{d}{2} \right) \right] = 7,917 \cdot 10^{-4} \cdot \left[0,05 + 0,668 + 0,012 + \left(0,0805 - \frac{0,03175}{2} \right) \right] =$$

$$V_{P_{\bar{r}}} = \underline{6,291 \cdot 10^{-4} m^3}$$

$$V_R = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot L_{1PR} = \frac{\pi \cdot 0,0254^2}{4} \cdot 0,380 = \underline{1,925 \cdot 10^{-4} m^3}$$

$$V_V = S \cdot \left[\left(\frac{\pi \cdot R_K}{2} \right) + L_H + L_1 + 3 \cdot L_T + L_2 + A + L_3 + L_4 + L_{\bar{S}} + L_5 + L_R + L_D \right] =$$

$$V_V = 7,917 \cdot 10^{-4} \cdot \left[\left(\frac{\pi \cdot \left(0,045 + \frac{0,03175}{2} \right)}{2} \right) + 0,05 + 0,08 + 3 \cdot 0,09 + 0,09 + 0,078 + 0,08 \right. \\ \left. + 0,05 + 0,096 + 0,08 + 0,121 + 1 \right]$$

$$V_V = 7,917 \cdot 10^{-4} \cdot 2,090 = \underline{1,655 \cdot 10^{-3} m^3}$$

$$\text{Celkový objem } V_C = V_{\check{C}} + V_Z + V_S + V_{P_{\bar{r}}} + V_{P_j} + V_R + V_V + V_P \quad (1.14)$$

$$V_C = 3,428 \cdot 10^{-3} + 1,653 \cdot 10^{-3} + 3,958 \cdot 10^{-5} + 6,291 \cdot 10^{-4} + 6,291 \cdot 10^{-4} + 1,925 \cdot 10^{-4}$$

$$+ 1,655 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^{-3}$$

$$V_C = \underline{9,226 \cdot 10^{-3} m^3} = \underline{9,226 dm^3}$$

2. Pneumatický obvod bez návrhu zdroje tlakového vzduchu

2.1. Potrubí

Potrubí budu navrhovat podle vypočteného maximálního průtoku

Parametry pneumatického obvodu pro plazmový hořák

Měrná spotřeba vzduchu $3 - 50 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$

Tlak vzduchu $0,4 - 0,6 \text{ MPa}$

Maximální spotřeba vzduchu $0,05 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Výpočet hustoty vzduchu při 20°C a tlaku $0,4 \text{ MPa}$, vypočtu pro ρ_{\min} :

$$\frac{p}{\rho} = R \cdot T \quad (4.1)$$

$$\rho_{\min} = \frac{p}{R \cdot T} = \frac{10^5 + 4 \cdot 10^5}{287,1 \cdot (273 + 20)} = \underline{5,943 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{0,05}{5,943} = 0,00841 \text{ m}^3 \Rightarrow Q = \underline{0,00841 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}} = \underline{30,287 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}$$

Výpočet rychlosti proudění vzduchu při zvolené rychlosti $v = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ podle [1]

$$Q = S \cdot v$$

$$S = \frac{Q}{v} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00841}{20 \cdot \pi}} = 0,0231 \text{ m} = \underline{23,1 \text{ mm}}$$

S ohledem na výpočet volím potrubí světlosti 1“.

2.2. Hadice

Spojení se zdrojem tlakového vzduchu a spojení s plazmatronem bude provedeno pomocí hadice od firmy NACK s.r.o. [15] typu VINYL TREX PE 20(255) s vnitřním průměrem 25 mm, vnějším průměrem 33 mm, délky 1 m.

Specifikace hadice

materiál vnitřní duše - LDPE, netoxická, chemicky odolná

materiál vnějšího povrchu - měkčené PVC, odolné stárnutí

výztuha textilní opleť

pracovní tlak - 20 bar

provozní - teplota -15 - 60°C

použití - tlakový vzduch, chemická rozpouštědla

2.3. Rychlospojka

Aplikuji rychlospojku od firmy HENNLICH [13] nízkotlaké řady LP 019. Rychlospojky budou použity na začátku a konci vedení.

uzavírací zásuvka typ LP – 019 – 0 – WR533

připojovací závit – vnitřní G 1“

uzavírací zástrčka typ LP – 019 – 2 – SL025

hadicový přípoj 25 mm

2.4. Průtokoměr

Pro měření průtoku stlačeného vzduchu je zvolen vysoce elektronický průtokoměr od firmy A.P.O - ELMOS Testo typu 6442 [17].

Specifikace průtokoměru

Průměr trubky DN 25 (1“)

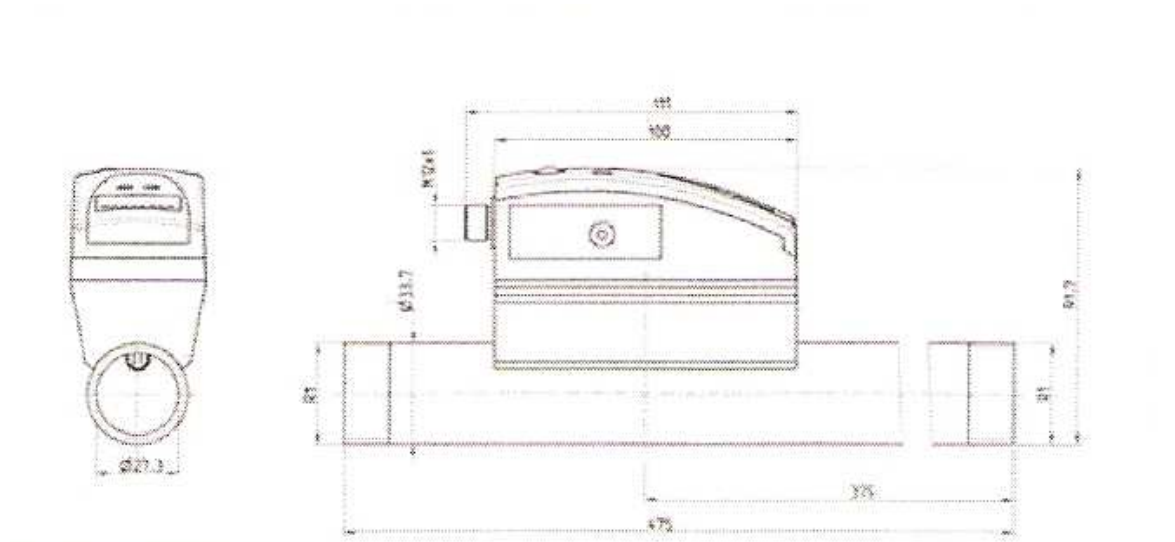
Měřicí rozsah 0,75 – 225 m³/h

Délka měřicí trubky 475 mm

Displej 4 – místný alfanumerický se dvěma ovládacími tlačítky, signalizace LED, možnost rotace o 180°

Senzor termický vyrobený ze sklem pasivované keramiky

Výstup dva výstupy signálů nastavitelné specificky podle potřeby (analogový, impulzní, spínací).



Obr. 2.1 Náčrtes průtokoměru stlačeného vzduchu s rozměry [17]

2.5. Škrťící ventil

Škrťící ventil je navržen od firmy SMC [18] se zpětným ventilem řady EAS 600 – F10 kovový pro velké průtoky.

Specifikace škrťícího ventilu

Maximální průtok $15100 \text{ dm}^3/\text{min}$

Připojovací závit G 1"

Jednoduchá montáž

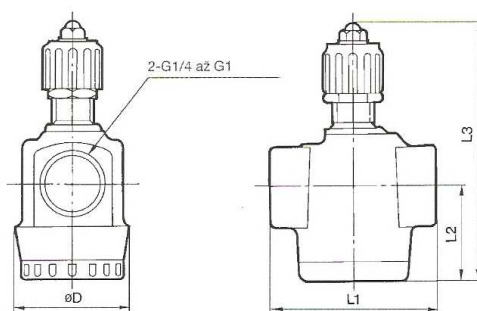
Maximální provozní tlak 1,0 MPa

Minimální provozní tlak 0,05 MPa

Teplota médií a okolí -5 - 60°C

Rozměry

EAS420, 500, 600



Rozměry

Typ	Připojovací závit	L1	L2	L3		ØD
				max.	min.	
EAS420	G1/4, 3/8, 1/2	67,5	38	122	112	50
EAS500	G3/4	74	42	115	105	50
EAS600	G1	90	55	158	148	62

Obr. 2.2 Rozměrový náčrtes škrťícího ventilu [18]

2.6. Redukce

Volím redukci od firmy UNEX [4] s vnitřními závitmi 1/2" – 1" pro zapojení manometru.

2.7. Manometr

Použiju manometr s pružnou trubicí typu 333.30 (kapalinové tlumení) od firmy MAR SYSTEMS [14] pro plynné a kapalně měřící látky.

rozsah stupnice 0 – 10 bar

provedení pro přesné měření

třída 0,6

nominální velikost 100

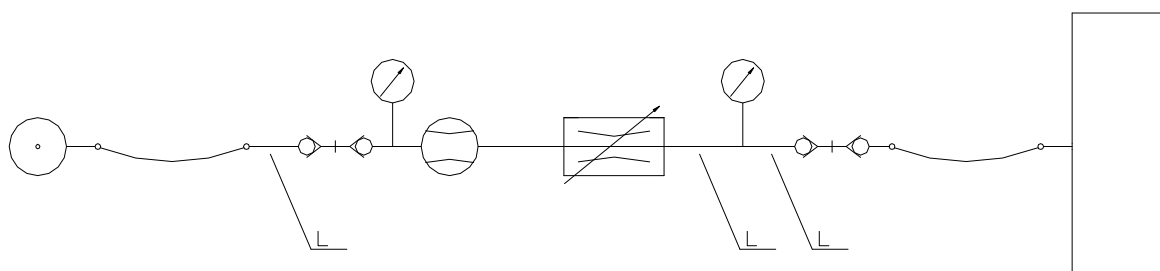
napojení zespodu (vnější závit 1/2")

pouzdro Cr – Ni ocel

2.8. Trubka

Pro spojení škrtkového ventilu s „T“ kusem manometru použiju ocelovou zinkovanou trubku od firmy KTO [6] opatřenou závitů délkou 15 mm na obou jejích koncích délkou $L = 250$ mm, světlosti 25 mm a tloušťky stěny 3,25 mm.

Mezi rychlospojkou a „T“ kusem bude trubka délkou L na počátku a na konci vedení. Oba konce budou také opatřeny závitů o délce 15 mm.



Obr. 2.3 Technické znázornění délek potrubí pneumatického obvodu

3. Pneumatický obvod s návrhem zdroje tlakového vzduchu

3.1. Kompresor

S ohledem na potřebné množství dodávaného stlačeného vzduchu se bude zřejmě nejlépe hodit šroubový kompresor. Volba šroubového kompresoru se odlišně projeví na ceně, avšak jeho výhody pro daný případ budou hrát velkou roli:

- vhodný pro velké dodávky stlačeného vzduchu
- nižší hlučnost
- stlačený vzduch není příliš znečištěn olejem jako u pístového kompresoru
- vysoká účinnost

Volba velikosti kompresoru se odvíjí podle požadovaného množství stlačeného vzduchu, čímž je určena potřebná výkonnost kompresoru.

Vzhledem k tomu, že nemám zadanou teplotu okolí, vypočtu přepočet průtoku vzduchu na normální stav [3] při konstantní (normální teplotě 293 K):

$$\frac{p \cdot Q}{T} = \frac{p_N \cdot Q_N}{T_N} \quad (4.1)$$

$$Q_N = \frac{p \cdot Q \cdot T_N}{p_N \cdot T} = \frac{10^5 \cdot (6+1) \cdot 0,00841 \cdot 293}{10^5 \cdot 293} = 0,0588 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = \underline{\underline{211,932 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}}$$

Volím tedy šroubový kompresor od firmy ORLÍK řady ORL 30BX [20].

Charakteristika kompresoru:

Šroubové kompresory typové řady ORL jsou určeny pro trvalý provoz s plně automatickým systémem řízení chodu kompresoru v závislosti na odběru stlačeného vzduchu. Jedná se o kompresory s jednostupňovou šroubovou jednotkou, mazanou olejem. Zásobník oleje je integrován přímo do bloku kompresoru. Blok zabezpečuje další funkce: hrubé odlučování oleje ve skříni, jemnou separaci, filtraci oleje, udržování min. tlaku včetně filtrace a regulace nasátého vzduchu. Blok kompresoru a elektromotor jsou kotveny na rámu, který je pružně uložen v karoserii kompresoru pomocí pryžových pružin. Karoserie je tvořena rámem, který uzavírají odnímatelné zvukoizolační panely.

Tab. 3.1 Technické parametry kompresoru [20]

Verze	Max.přetlak (bar)	Výkonnost (m ³ ·h ⁻¹)	Výkon motoru (kW)	Hladina hluku (dB)	Náplň oleje (l)	Připojovací rozměr (“)	Hmotnost (kg)
30BX	10	245	30	73	8,6	G 1 1/4	590

Mikroprocesorová řídicí jednotka ORLÍK 900:

- kontrola nastavení provozního tlaku
- kontrola teploty oleje
- nastavitelná doba volnoběhu
- kontrola provozních cyklů

Kontrola zařízení:

- ventil minimálního tlaku zajišťuje požadovaný tlak v mazacím systému
- automatické odlehčení umožňuje snížení tlaku při zastavení kompresoru tak, aby restart neprobíhal do protitlaku
- analogové čidlo výstupního tlaku talkového vzduchu

Bezpečnostní zařízení:

- pojistný ventil na tělese stroje
- analogové čidlo teploty oleje
- tepelná ochrana vinutí elektromotoru

3.2. Vzdušník

Vzdušníky se umísťují bezprostředně za zdroj stlačeného vzduchu. Kromě funkce zásobárny vzduchu plní také funkci ochlazování stlačeného vzduchu.

Velikost vzdušníku V_V se nejčastěji udává v závislosti na výkonnosti kompresoru, nejčastěji vztahem [1] :

- 1) Při regulaci výkonnosti změnou otáček

$$V_V = 0,4 \cdot Q_N \quad (4.2)$$

- 2) Při regulaci výkonnosti START – STOP

$$V_V = 0,9 \cdot Q_N \quad (4.3)$$

- kde Q_N je výkonnost kompresoru v m³·min⁻¹
- kde V_V je objem vzdušníku v m³

Výpočet objemu vzdušníku:

Výkonnost kompresoru je regulována způsobem STAR - STOP

$$V_v = 0,9 \cdot 0,0588 \cdot 60 = \underline{3,175 m^3}$$

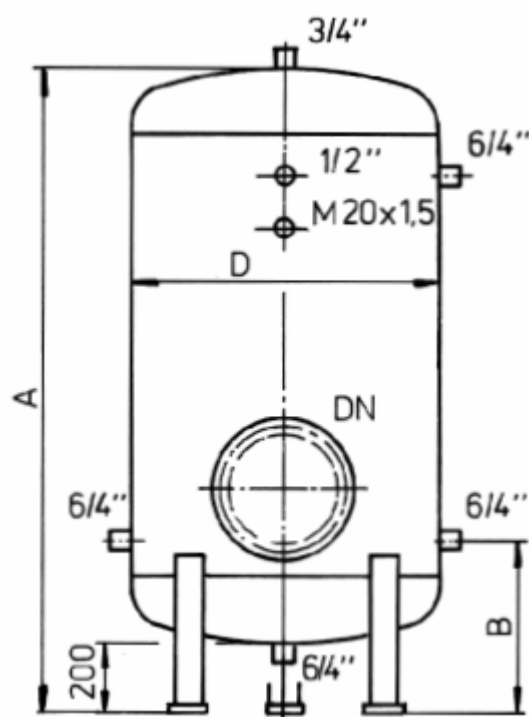
Podle vypočteného objemu vzdušníku volím tlakovou nádobu od firmy PRESSCONT typu TNS [22].

Specifikace:

- hrdla pro přívod a odběr tlakového vzduchu
- pro přetlaky od 6 do 16 barů při teplotě 200°C
- hrdlo pro tlakoměr, teploměr, pojistný ventil a kontrolní otvor

Tab. 3.2 Technické údaje tlakové nádoby [22]

Objem (L)	A	B	D	DN	Hmotnost (kg)
					10 bar
4000	2970	680	1400	450	1040



Obr. 3.1 Tlaková nádoba pro stlačený vzduch [22]

3.3. Pojistný ventil

Jako ochranu před vysokým tlakem tlačného vzduchu navrhnu pojistný ventil od firmy STASTO [24] typu 860 má ventilová tělesa z bronzu.

Specifikace pojistného ventilu:

- připojovací závit vnitřní G 1 ½"
- provozní teplota -10 - 130°C
- rozsah nastaveného přetlaku 1 – 16 barů
- těsnění - perbunan

3.4. Vypouštěcí kohout kondenzátu

Volím uzavírací kohout od firmy STASTO [24] typu 1801

Specifikace kohoutu:

- připojení vnitřní – vnější závit G 1 ½"
- teflonové těsnění hřídele s možností dotažení

3.5. Tlakový spínač

Pro regulaci kompresoru systémem START – STOP použiju tlakový spínač, kterým se udržuje tlak ve vzdušníku na požadované hodnotě v závislosti na odběru stlačeného vzduchu. Aplikuji tlakový spínač od firmy STASTO [24] typu DS 4015.

Specifikace spínače:

- tlakový rozsah 1 – 10 barů
- počet spínání 200/min
- přenos tlaku membránou
- teplota média -25 – 85°C
- montáž připojovacím závitem G 1/4"
- pro hydraulické oleje, vzduch, voda, emulze

3.6. Kontrolní manometr

Jako kontrolní manometr pro kontrolu tlaku ve vzdušníku použiju manometr od firmy MAR SYSTEMS typu 212.20 [14].

Specifikace manometru:

- manometr s pružnou trubicí
- napojení zezadu závitem G 1/2"
- tlakový rozsah 0 – 16 barů
- velikost 100 mm

3.7. Redukční ventil

Pro snížení a nastavení pracovního tlaku v potrubí zvolím redukční ventil od firmy STASTO [24] typu D 22.

Specifikace redukčního ventilu:

- montážní poloha libovolná
- médium neutrální plyny a kapaliny
- maximální výstupní tlak 1 – 10 barů
- maximální vstupní tlak do 40 barů
- příslušenství – manometr
- připojení vnitřní závit G 1"

3.8. Teploměr

Pro měření teploty použiju dvojkovový(bimetalový) teploměr se závitovým připojením pro měření v teplovodních či parních rozvodech od firmy MAR SERVIS PLUS [21] typu DTZ 100.

Specifikace teploměru:

- dělení stupnice po 1°C
- měřicí rozsah 0 – 120°C
- připojovací závit M 20x1,5

3.9. Trubka

Pro spojení kompresoru a vzdušníku použiju ocelovou zinkovanou trubku od firmy KTO [6] opatřenou závity délky 15 mm na obou jejích koncích délky 1 m, světlosti 32 mm a tloušťky stěny 3,25 mm.

3.10. Redukovaná vsuvka

Spojení vzdušníku a spojovací trubky kompresoru uskutečním redukovanou vsuvkou s vnitřním –vnějším závitem 5/4“ – 6/4“ a spojení redukčního ventilu se vzdušníkem redukovanou vsuvkou s vnitřním –vnějším závitem 1“ – 6/4“, pro tlakový spínač rozměr 1/4 - 1/2" a 1/2 – 3/4" od firmy Maloobchod Jana Manová [25].

Spojení se stendem bude provedeno pomocí stejné hadice [15] se stejnými rozměry jako u obvodu bez navrženého zdroje tlakového vzduchu(1 m).

3.11. Šroubení

Spojovací hadici opatřím spojkami z mosazi s převlečnou maticí(s vnitřním závitem) s plochým těsněním od firmy GUMEX [23]. Volím spojku velikosti G 1“. Spojka bude s hadicí sepnutá hadicovou sponou od firmy GUMEX typu Herkules.

Rozměr 28 – 34 mm. Zbylá část stendu se již skládá ve stejném složení jako obvod bez navrhovaného zdroje tlakového vzduchu.

4. Cenová kalkulace pneumatických obvodů

S ohledem na to, že složení stendu se od zdroje nijak zvlášť neliší až na malé výjimky jako jsou rychlospojky přívodní hadice(varianta bez navrženého zdroje) oproti hadicovému šroubení přívodní hadice (varianta navrženého zdroje), které náklady na pořízení nějak výrazně neovlivní, zaměřím se tedy především na ty nejdůležitější části zdroje tlakového vzduchu.

Cenovou kalkulaci jsem sestavil do následující tabulky:

Tab. 4.1 Cenový propočet pneumatických obvodů

Název prvku	Počet	Cena (Kč)
Kompresor	1	320 000
Vzdušník	1	64 200
Pojistný ventil	1	6 303
Redukční ventil	1	5 320
Vypouštěcí kohout	1	884
Manometr vzdušníku	1	1100
Teploměr	1	168
Redukovaná vsuvka	2	44+44
Redukce – tlakový spínač	2	7,50+9,50
Trubka	1	174,93
Tlakový spínač	1	658
Výsledná cena		398 912,93 Kč

Na základě výše uvedeného propočtu je podle očekávání zcela zřejmé, že varianta pneumatického obvodu s návrhem kompresoru je cenově mnohem nákladnější, než navrhovaný obvod bez zdroje tlakového vzduchu.

Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval volbou všech potřebných prvků pro zhotovení zkušebního zařízení jak pro hydraulický obvod tak pro pneumatický obvod.

Při návrhu hydraulického obvodu jsem vycházel ze zadaných hodnot, pro něž jsem vyhledal všechny hydraulické a pneumatické prvky z uvedených zdrojů. Hlavními parametry charakterizující obvod jsou tlak „p“ a průtok „Q“.

Při konstrukci hydraulického obvodu jsem se v první řadě musel zabývat volbou čerpadla, které je zdrojem tlakové energie. Následně na základě zadaných a vypočtených hodnot jako jsou tlak „p“, průtok „Q“, rychlost proudění „v“, jsem se věnoval návrhu potrubí. Po této volbě jsem věnoval pozornost ostatním prvkům obvodu (kohout, škrticí ventil, průtokoměr, rychlospojka, hadice), které jsou důležitou součástí pro funkci navržené zařízení. Zvolený škrticí ventil má možnost jemného nastavení potřebného průtoku při omezování vzniku hydraulického rázu. Vzhledem k tomu, že se jedná o přesné zjišťování charakteristik $\Delta p - Q$, zvolil jsem ultrazvukový průtokoměr s nízkou tlakovou ztrátou a manometr s pružnou trubicí pro přesná měření.

Pneumatický obvod bez zdroje tlakového vzduchu předpokládá zdroj vzduchu na samém místě měření. Obvod je sestaven v podobném pořadí jako hydraulický obvod. Druhá varianta pneumatického obvodu se liší pouze v návrhu zdroje tlakového vzduchu, což se tedy promítá hlavně do pořizovacích nákladů.

U obvodů jsou použity rychlospojky pro snadné a rychlé připojení měřícího zařízení k plazmovému hořáku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Kopáček, J. – Pavlok, B.: Tekutinové mechanismy, skripta VŠB -TUO, Ostrava, 1994. ISBN 80 – 7078 – 238 - 2
- [2] Janalík, J. – Štáva, P.: Mechanika tekutin, skripta VŠB - TUO, Ostrava, 2002. ISBN 80 – 248 – 0038 - 1
- [3] Kopáček, J – Žáček, M.: Pneumatická zařízení strojů, skripta VŠB - TUO, Ostrava, 2003. ISBN 80 – 248 – 0442 -5
- [4] Unex a.s.: *Odlitky a výkovky*. [online], 2009. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < http://www.mzol.cz/mod/search/cs/page_search_results
- [5] KOMAP Dědov s.r.o.: *Příruby závitové*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.komap.cz/cz/priruby-zavitove.htm>
- [6] KTO Haná s.r.o.: *Instalace*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < http://www.kto-hulin.cz/index.php?main_page=index&cPath=9
- [7] IVAR CS s r. o. : *Armatury závitové – IVAR*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.ivarcs.cz/cz/ivartrio-technicke-katalogy>
- [8] IVAR CS s r. o. : *Regulační a pojišťovací armatury*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.ivarcs.cz/cz/ivartrio-technicke-katalogy>
- [9] AVOS VYŠKOV s.r.o.: *Měření tepla – katalogové listy*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.avos.cz/download/download.htm>
- [10] ARMATURY Špiral s.r.o.: *Pojistné ventily*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.herose.cz/index.php?id=pojistne>
- [11] SIGMA PUMPY HRANICE s.r.o.: *Odstředivá čerpadla*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.sigmapumpy.com/sph/cz/katalog.php>
- [12] IVAR CS s.r.o. : *Sanitární flexibilní hadice*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.ivarcs.cz/cz/sanitarni-flexibilni-hadice>
- [13] HENNLICH Industrietechnik s.r.o.: *Rychlospojky*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=5809>
- [14] MaR SYSTEMS s.r.o.: *Tlakoměry*. [online]. [cit 2009-05-20]

- Dostupné z < <http://www.marsystems.cz/index.php?page=Tlakom%C4%9Bry&id=2>
- [15] NACK s.r.o.: *Průmyslové hadice*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.nack.cz/index.html>
- [16] TZB - info.: *Hustota suchého vzduchu*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=70&h=38&obor=1>
- [17] A.P.O. - ELMOS v.o.s.: *Měření průtoku*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < http://www.apoelmos.cz/cz/info/s-prutok_teplo66.htm
- [18] SMC Česká republika s.r.o.: *Škrťící ventily*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://217.19.37.249/cz/catalog.asp?catalog=241>
- [19] CONVERTER. *Viskozita vody*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://217.19.37.249/cz/catalog.asp?catalog=241>
- [20] Kompresory Orlik.: *Šroubové kompresory*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < http://www.orlik.cz/pdfs/ORL_18_30.pdf
- [21] MaR SERVIS PLUS s.r.o.: *Teploměry*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.marservisplus.cz/DetailPage.asp?DPG=40552>
- [22] PRESCONT s.r.o.: *Tlakové nádoby*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.prescont.cz/produkty/tns.html>
- [23] GUMEX s.r.o.: *Spony a spojky*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < http://www.gumex.cz/cz/spony_a_spojky/5
- [24] STASTO AUTOMATION s.r.o.: *Redukční ventily, pojistné ventily, tlakové spínače, kulové kohouty*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < <http://www.stasto.cz/produkty.aspx>
- [25] Maloobchod Jana Manová.: *Mosazné fitinky*. [online]. [cit 2009-05-20]
Dostupné z < http://velkoobchod-man.cz/menu.php?menu_navigace=8